

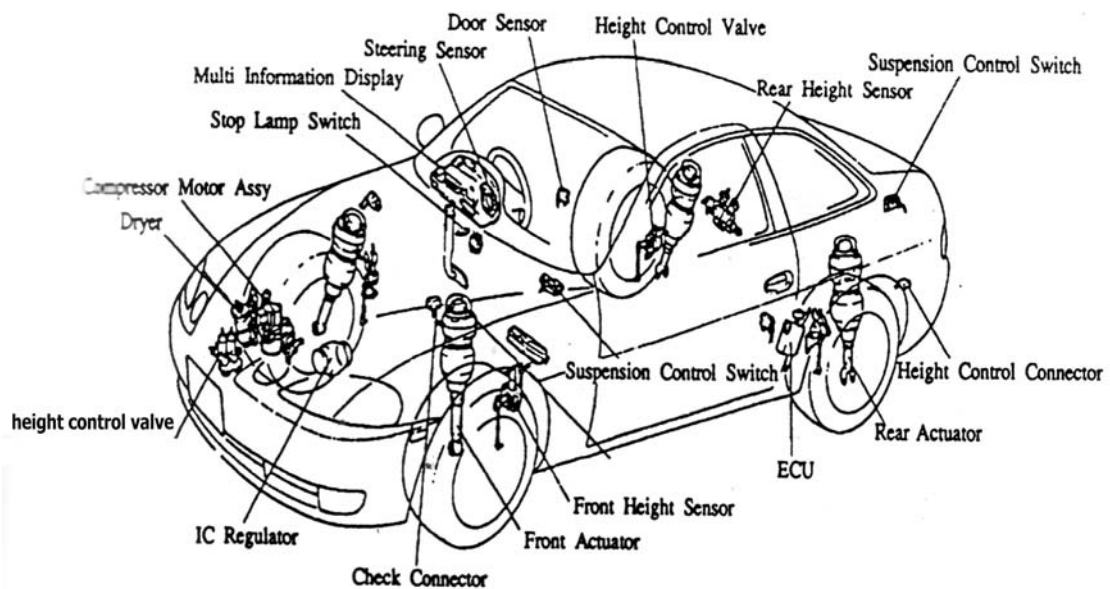


KODE MODUL

SKE.PTO 340

Fakultas Teknik UNY
Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif

Kumpulan Modul Sistem Kontrol Elektronik



Penyusun
Sutiman

Sistem Perencanaan Penyusunan Program dan
Penganggaran (SP 4)
Jurusan Pendidikan Teknik Otomotif
2005

A. Deskripsi judul

Modul Sistem Control Engine ini membahas tentang konsep, desain control pada engine kendaraan dan aplikasinya. Materi yang disajikan dalam modul ini adalah konsep pengontrolan bahan bakar, pengontrolan udara, dan pengontrolan saat pengapian pada kendaraan.

Materi di dalam modul ini disajikan dalam tiga kegiatan belajar, yaitu: Kegiatan belajar 1; Pengontrolan bahan bakar, Kegiatan belajar 2 ; Pengontrolan induksi udara 3 ; Pengontrolan saat pengapian

B. Prasyarat

Untuk dapat mempelajari materi Sistem Engine Kontrol, mahasiswa diharapkan telah memahami prinsip kerja system bahan bakar pada motor bensin dan modul Electronic Control Unit.

C. Petunjuk Penggunaan Modul

1. Petunjuk Bagi Mahasiswa

Langkah-langkah berikut perlu ditempuh, agar dapat diperoleh hasil belajar yang maksimal, yaitu:

- a. Pelajari baik-baik uraian materi yang ada pada masing-masing kegiatan belajar. Bila saudara menemui kesulitan untuk memahami, tanyakanlah kepada dosen pengampu mata kuliah ini.

- b. Isilah tabel rencana belajar dengan baik agar proses dan perkembangan belajar anda dapat terpantau dan terkendali dengan baik.
- c. Kerjakan setiap tugas/soal latihan untuk mengetahui seberapa besar pemahaman yang telah saudara miliki terhadap materi-materi yang disajikan pada setiap kegiatan belajar.
- d. Cocokkan hasil pekerjaan anda dengan jawaban yang telah tersedia di halaman berikutnya. Mencocokkan jawaban dengan pekerjaan anda dapat anda lakukan setelah semua soal anda kerjakan dahulu. Lembar jawab dibuat terpisah dengan lembar soal agar anda dapat mengukur penguasaan anda terhadap materi dengan lebih baik.
- e. Bila belum menguasai level materi yang diharapkan, pelajari lagi materi pada kegiatan belajar yang bersangkutan, atau tanyakanlah kepada dosen pengampu mata kuliah ini.
- f. Peralatan dan bahan untuk melakukan kegiatan pada lembar kerja telah tersedia di workshop. Mintalah jadwal (bila tidak terjadwal) kepada dosen agar anda mendapatkan bimbingan seperlunya.
- g. Apabila anda telah menyelesaikan salah satu kegiatan belajar, mintalah kepada instruktur / dosen pengampu mata kuliah untuk mengikuti ujian kompetensi.

2. Petunjuk Bagi Dosen

- a. Membantu mahasiswa dalam merencanakan proses belajar
- b. Membantu mahasiswa melalui tugas-tugas latihan yang dijelaskan dalam tahap belajar.
- c. Membantu mahasiswa dalam memahami konsep, praktik baru dan menjawab pertanyaan mahasiswa mengenai proses belajar.

- d. Membantu mahasiswa untuk menentukan dan mengakses sumber tambahan lain yang diperlukan untuk belajar.
- e. Mengorganisasikan kegiatan belajar kelompok bila diperlukan
- f. Merencanakan seorang ahli / pendamping dosen dari tempat kerja untuk membantu bila diperlukan

D. Tujuan Akhir

Setelah mengikuti dan melaksanakan kegiatan belajar, mahasiswa dapat memiliki kemampuan dalam menjelaskan konsep kerja dan aplikasi system pengontrolan bahan bakar, udara dan saat pengapian. Disamping itu mahasiswa dapat mengevaluasi kerja system control pada engine.

E. Kompetensi

Modul SKE. PTO 340 – 02 ini membentuk sub – sub kompetensi menguasai sistem control menggunakan Elektronik Microcontroler dalam mendeskripsikan, dan menganalisa unjuk kerja mesin yang digunakan pada kendaraan

Sub Kompetensi	Sub-sub Kompetensi	Kriteria Unjuk Kerja	Materi pokok Pembelajaran		
			Sikap	Pengetahuan	Ketrampilan
Menggunakan konsep konsep sains dalam pemecahan permasalahan bidang otomotif	Menjelaskan kerja pengontrolan pada engine Manajemen Sistem	Teknik pengontrolan pada engine dikuasai dengan benar	Teliti dan cermat dalam mengidentifikasi fungsi pengontrolan dalam engine	Sistem Kontrol udara, bahan bakar dan pengapian	Praktek menguji fungsi control udara, bahan bakar dan pengapian pada EMS

F. Cek Kemampuan

Sebelum mempelajari Modul SKE. PTO 340 – 01 ini isilah dengan cek list (√) kemampuan yang telah dimiliki mahasiswa dengan sikap jujur dan dapat dipertanggung jawabkan pada table di halaman berikut.

Sub Kompetensi	Pernyataan	Jawaban		Bila “Ya”, kerjakan
		Ya	Tidak	
Menguasai sistem control menggunakan Elektronik Microcontroler dalam mendeskripsikan, dan menganalisa unjuk kerja mesin yang digunakan pada kendaraan	Menjelaskan desain dan karakteristik ECU pada kendaraan			Soal tes formatif 1
	Menjelaskan tentang bagian – bagian ECU beserta fungsinya			Soal tes formatif 2
	Menjelaskan menjelaskan tentang aplikasi ECU pada kendaraan			Soal tes formatif 3

Apabila mahasiswa menjawab **Tidak**, pelajari modul ini.

BAB II PEMBELAJARAN

A. Rencana Belajar Mahasiswa

Kompetensi : Menggunakan konsep-konsep sains dalam pemecahan permasalahan bidang Otomotif

Sub kompetensi : Menguasai system control yang menggunakan electronic Microcontroler

Sub kompetensi : Menggunakan konsep system control pada engine kendaraan untuk menganalisa dan mendiagnosa kerja engine yang menggunakan *Engine Management sistem*

Jenis Kegiatan	Tanggal	Waktu	Tempat Belajar	Alasan Perubahan	Tanda Tangan Dosen

B. Kegiatan Belajar

1. Kegiatan Belajar 1; . **Kontrol system bahan bakar**

a. Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan prinsip pengontrolan bahan bakar pada kendaraan yang menggunakan *Engine Management Sistem*.

b. Uraian materi

Tujuan dari penggunaan sistem kontrol pada engine adalah untuk menyajikan dan memberikan daya mesin yang optimal melalui sistem kerja yang akurat yang disesuaikan untuk menghasilkan emisi gas buang yang seminimal mungkin, penggunaan bahan bakar yang efisien, menghasilkan pengendalian yang optimal untuk semua kondisi kerja mesin, meminimalkan penguapan bahan bakar serta menyediakan sistem diagnosis untuk mengevaluasi sistem kerja dan kondisi perangkat perangkat pendukungnya bila terjadi permasalahan-permasalahan yang tidak dikehendaki pada sistem ini.

Pengontrolan Mesin yang dilakukan secara elektronik terdiri atas peralatan-peralatan sensor yang secara terus menerus memantau kondisi kerja mesin. Unit pengontrol elektronik yang dikenal dengan ECU bekerja mengevaluasi data-data masukan dari berbagai sensor yang terpasang pada engine. Dengan membandingkan data pada memorinya dan melakukan perhitungan yang akurat, ECU mengaktifkan perangkat-perangkat penggerak/actuator untuk menghasilkan sistem kerja mesin yang baik.

Isu global yang banyak mendapatkan perhatian salah satunya adalah emisi gas buang dari kendaraan bermotor. Gas buang mesin merupakan gas hasil pembakaran dari campuran udara dan bahan bakar. Bahan bakar memiliki unsur yang dikenal dengan Hidrokarbon. Pada proses pembakaran yang ideal, hidrokarbon akan bereaksi dengan udara dan menghasilkan CO_2 dan air. Hanya saja pada kenyataannya kondisi pembakaran sempurna tidak bisa tercapai pada keadaan normal saat mesin bekerja. Beberapa gas lain yang muncul sebagai polutan adalah

karbon monoksida (CO), hidrokarbon (HC), oksida nitrogen (NOX), dan pada motor Diesel juga menghasilkan partikulat. Disamping itu bahan tambah yang ada pada bahan bakar juga akan menghasilkan sejumlah polutan berupa oksida sulfur dan timbal. Polutan ini sangat berbahaya terutama bagi kesehatan manusia serta kelestarian alam.

Proses pembakaran pada motor bensin memerlukan takaran campuran udara dan bahan bakar agar bisa menghasilkan pembakaran yang maksimal. Campuran yang dikenal sebagai perbandingan udara dan bahan bakar mempunyai kontribusi yang sangat besar terhadap hasil pembakaran. Campuran ini harus berada pada daerah perbandingan yang sesuai yaitu sejumlah 14,7 kg udara membutuhkan udara sejumlah 1 kg bensin. Dalam bentuk volumetrik, 10.500 liter udara berbanding 1 liter bensin pada tekanan satu atmosfer. Pada perbandingan ini akan dihasilkan tenaga hasil pembakaran yang maksimal dan emisi gas buang yang rendah. Selanjutnya perbandingan 14,7: 1 ini dikenal dengan perbandingan *Stoichiometric*.

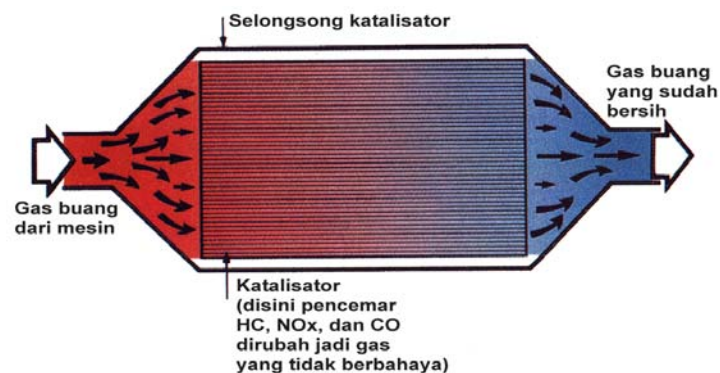
Perbandingan antara udara dan bahan bakar adalah sebagai bentuk kebutuhan udara yang dikenal sebagai faktor lambda (λ). Secara sederhana lambda dapat dirumuskan sebagai perbandingan jumlah udara terpakai atau aktual dengan kebutuhan teoritis atau ditulis sebagai :

$$\lambda = \frac{\text{JumlahUdaraTerpakai}}{\text{UdaraTeoritis}}$$

Pada perbandingan stoichometrik $\lambda = 1$. Untuk campuran kaya atau kekurangan udara, besarnya $\lambda < 1$, sedangkan pada campuran kurus atau terlalu banyak udara besarnya $\lambda > 1$.

Adapun dampak perbandingan campuran pada emisi gas buang adalah sebagai berikut :

- Emisi Carbon Monoksida / CO; Pada kondisi campuran kaya ($\lambda < 1$) emisi CO bertambah secara linier terhadap penambahan penggunaan bahan bakar. Pada saat campuran kurus dimana $\lambda > 1$, kadar CO berada pada level yang paling rendah. Apabila terjadi campuran yang tidak seragam misalkan campuran kurus dan gemuk pada masing-masing silinder untuk mesin dengan multsilinder, kadar CO rata-rata yang dihasilkan justru akan berada diatas kondisi $\lambda = 1$.
- Emisi HC; Hidrokarbon juga akan semakin bertambah bila konsumsi bahan bakar bertambah. Kadar HC akan rendah pada kondisi $\lambda = 1,1 - 1,2$. Pada kondisi campuran kaya kadar HC akan semakin tinggi dimana bahan bakar tidak dapat terbakar sepenuhnya didalam silinder.
- Emisi NO_x; Tingkat kadar NO_x pada gas buang berlawanan dengan HC dan CO. Campuran yang kurus akan lebih menambah NO_x, karena NO_x timbul dari temperatur yang berlebihan pada ruang bakar, terutama dengan perbandingan kompresi yang tinggi.



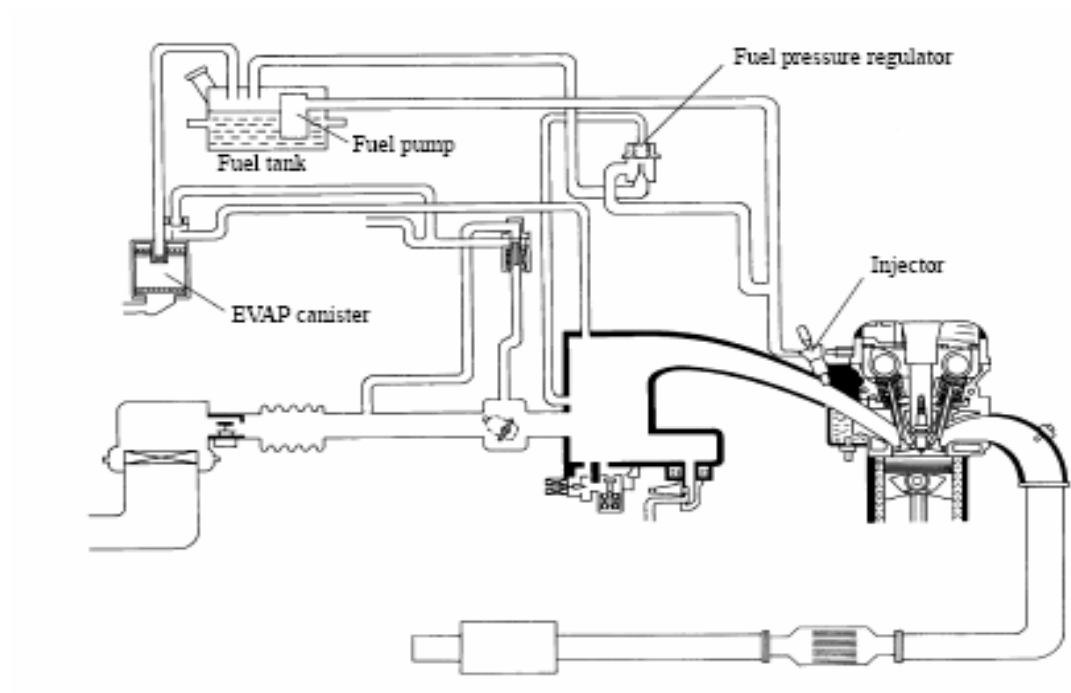
Gambar 1; katalitic converter

Pada engine yang menggunakan system konvensional (misal karburator), perbandingan ideal sangat susah tercapai. Dengan teknologi control elektronik, rata-rata perbandingan campuran udara dan bakar tetap dipertahankan pada kondisi kurang lebih 1% dari perbandingan *stoichiometric*. Kondisi perbandingan ini dikenal dengan ***lambda window*** atau ***catalytic converter window***. Untuk itu, pada kendaraan yang mengaplikasikan system control elektronik, tolok ukur utama dalam menghitung jumlah bahan bakar yang akan diinjeksikan adalah mengacu pada perbandingan *stoichiometric*.

Bahan bakar dari tangki disuplai oleh pompa bahan bakar dengan tekanan 2 – 3 bar. Dengan melalui saringan bahan bakar terlebih dahulu, bahan bakar bertekanan ini ke pipa pembagi (accumulator / fuel gallery) untuk didistribusikan ke masing – masing injector sesuai dengan urutan penginjeksian. Pada saat penginjeksian diperlukan, ECU memberi signal ke injector untuk membuka sehingga bahan bakar pada accumulator dapat tersalurkan menuju ruang bakar dalam bentuk kabut sehingga mudah untuk terbakar. Lamanya pembukaan injektor akan menentukan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, disamping itu juga dipengaruhi oleh tekanan bahan bakar.

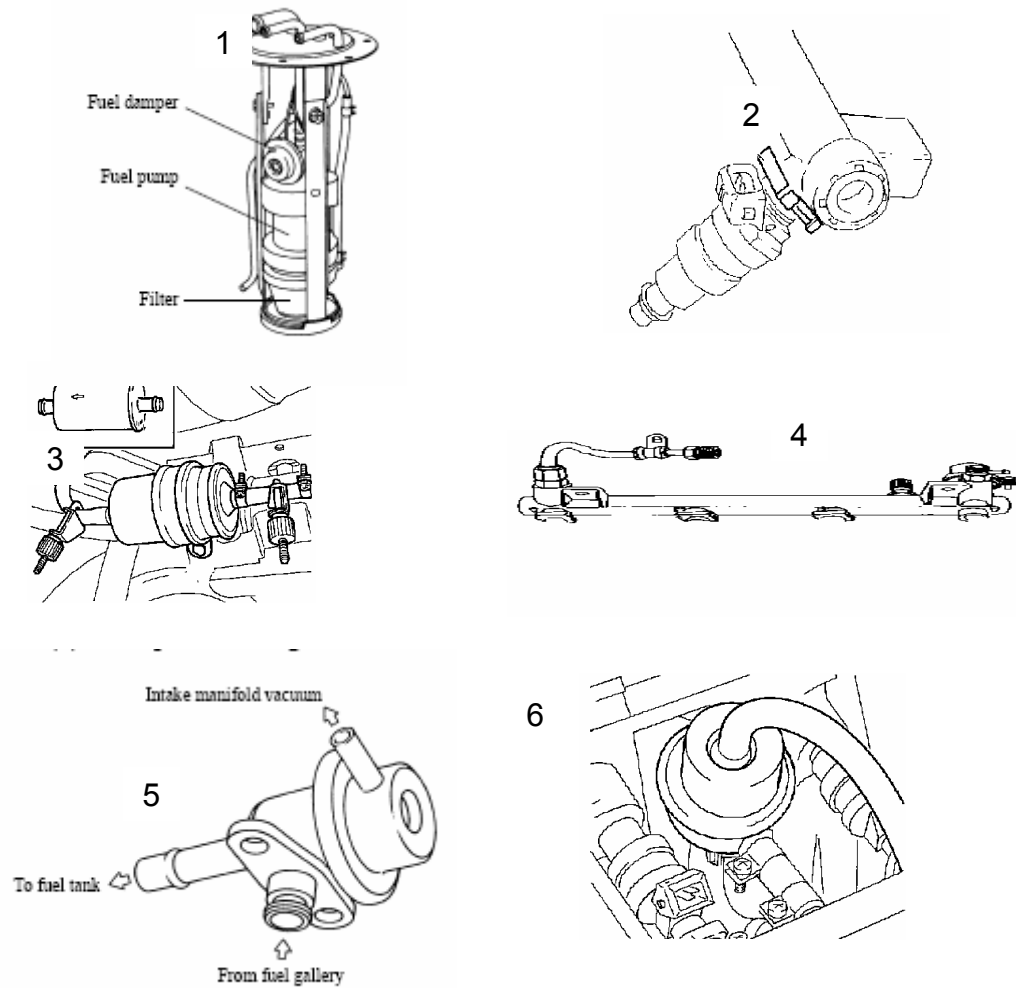
Agar perhitungan jumlah bahan bakar lebih akurat maka tekanan bahan bakar harus dapat dipertahankan konstan. Untuk itu pada accumulator terpasang regulator bahan bakar (pressure regulator) yang bekerja berdasarkan perubahan kevakuman pada intake manifold. Dengan demikian pada saat putaran engine idle, akan terjadi kelebihan bahan bakar dan regulator akan menyalurkannya kembali ke tangki melalui

saluran overflow. Sebaliknya pada saat putaran tinggi, kebutuhan bahan bakar akan meningkat sehingga tekanan didalam akumulator menurun. Pada saat ini regulator akan menutup saluran overflow sehingga jumlah bahan bakar yang diinjeksikan akan dapat dipertahankan sesuai dengan kalkulasi ECU. Untuk lebih jelasnya, aliran bahan bakar dapat dilihat pada gambar 2.



Gambar 2; skema aliran bahan bakar

Adapun komponen – komponen system bahan bakar seperti pada gambar 3 berikut :



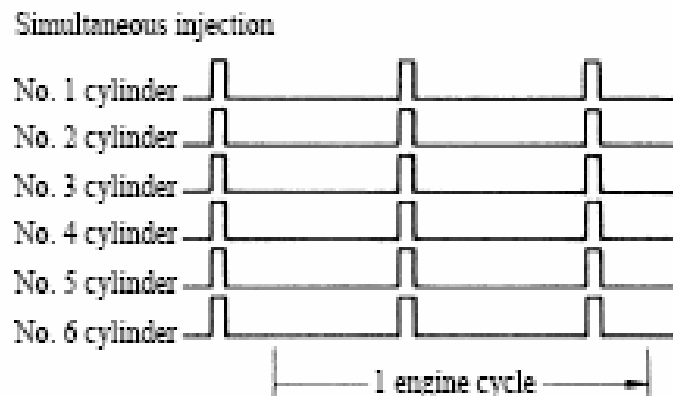
Keterangan : 1. Pompa	4. Accumulator / fuel gallery
2. Injektor	5. Pressure regulator
3. Filter bahan bakar	6. Vacuum regulator

Gambar 3; komponen – komponen system bahan bakar

Dalam menginjeksikan bahan bakar, terdapat tiga pekerjaan utama (pengontrolan) yang akan dilakukan oleh ECU (khususnya system yang menggunakan model EMS), yaitu perhitungan kuantitas penginjeksian, pemilihan mode injeksi dan fuel cut.

Perhitungan kuantitas dilaksanakan atas pertimbangan kondisi kerja mesin yaitu pada saat bekerja normal atau pada saat starter. Control unit mangkalkulasi waktu pembukaan bagi injector agar sesuai dengan perbandingan stoichiometric dan kebutuhan mesin pada saat itu. Disamping itu juga diperhitungkan mode injeksi yang sedang dilaksanakan. Adapun mode injeksi dapat digolongkan menjadi tiga bagian yaitu mode simultan / serempak, group / kelompok dan sequential.

Pada mode simultan, bahan bakar diinjeksikan dalam waktu yang bersamaan untuk semua silinder. Mode ini merupakan metode penyemprotan model lama dan untuk model baru diaplikasikan pada saat start dan kondisi temperatur air pendingin masih rendah.



Gambar 4; .Mode injeksi simultan pada engine 6 silinder

Jumlah bahan bakar yang akan diinjeksikan dihitung melalui lamanya pembukaan injector. Adapun perhitungan durasi penginjeksian pada setiap injector dihitung dengan persamaan ;

$$T_i = T_e + T_s$$

Dimana : T_i = *Timing Injeksi*
 T_e = $T_p \times \{1 + C_{en}\} \times C_{fb}$
 T_p = *dasar perhitungan kuantitas bahan bakar*
 C_{en} = *coefisient koreksi tambahan*
 C_{fb} = *koreksi feedback dari gas buang*
 T_s = *koreksi tegangan baterai*

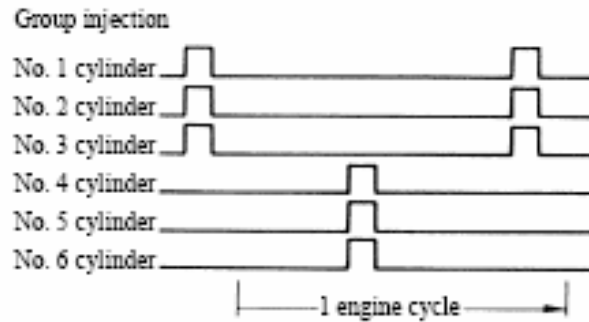
Nilai T_p tersimpan didalam memori control unit (ROM). Koefisien koreksi tambahan adalah pertimbangan terhadap data-data tambahan yang diperoleh dari sensor-sensor. Data data tersebut dapat berupa koreksi dari :

- penambahan bahan bakar saat temperatur rendah
- penambahan bahan bakar setelah start
- penambahan bahan bakar pada saat start
- saat akselerasi
- perbandingan campuran

Koreksi feedback dari gas buang diperoleh dari input sesor oksigen yang terpasang pada exhaust manifold. Dari sensor ini dapat diperoleh nilai perbandingan campuran udara bahan bakar dan menjadi umpan balik bagi ECU agar dapat memberikan campuran stoichiometric ke dalam ruang bakar.

Metode penginjeksian kelompok / group adalah juga metode lama yang diterapkan pada kendaraan injeksi. Penginjeksian oleh injector dilakukan bersama-sama dengan kelompok masing-masing dan menginjeksi sekali dalam dua putaran

poros engkol. Gambar 5 menunjukkan model penginjeksian group pada mesin 6 silinder



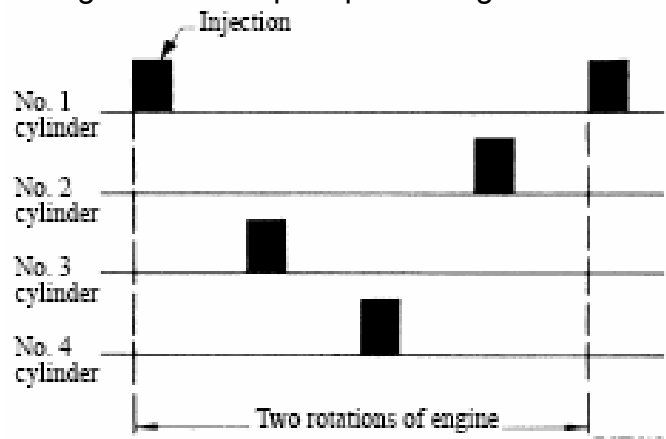
Gambar 5; mode injeksi group pada engine 6 silinder

Durasi penginjeksian masing-masing injector diperhitungkan dengan persamaan sebagai berikut :

$$T_i = T_e \times 2 + T_s$$

Nilai T_e adalah nilai jumlah efektif durasi injeksi untuk model injeksi kelompok.

Untuk model penginjeksian sequential atau berurutan adalah model yang sekarang paling banyak digunakan untuk operasi normal engine. Setiap silinder mendapatkan injeksi bahan bakar dengan urutan seperti pada firing order.



Gambar 6; mode injeksi sequential untuk 4 silinder

Untuk perhitungan durasi penginjeksian ditentukan seperti persamaan berikut :

$$T_i = T_e \times 2 + T_s$$

Pada model sequential ini, nilai T_e adalah nilai jumlah efektif durasi injeksi untuk model injeksi berurutan.

Seperti yang telah dijelaskan di atas, bahwa durasi injeksi dikalkulasi berdasar memori pada ECU dan data-data dari berbagai sensor sebagai factor koreksi. Beberapa sensor yang berpengaruh pada kalkulasi durasi injeksi tersebut adalah sebagai berikut ;

- 1) Throttle position sensor switch; memberikan sinyal posisi pembukaan throttle sehingga ECU dapat menghitung akselerasi, fuel cut, deselerasi dll.
- 2) Mass air flow sensor; memberi informasi jumlah udara yang masuk ke intake manifold dan ECU dapat mengkalkulasi durasi injeksi
- 3) Water temperature sensor; memberi informasi temperature air pendingin agar ECU dapat mengkalkulasi durasi injeksi seperti saat engine dingin, koreksi durasi saat start dll
- 4) Cam shaft Position sensor ; memberi informasi posisi putaran cam shaft/crankshaft sehingga ECU dapat mengkalkulasi dimulainya saat penginjeksian, mode injeksi dll.
- 5) Speed sensor; memberi data kecepatan kendaraan agar ECU tidak melakukan fuel cut apabila kendaraan bergerak dengan kecepatan ± 8 km/jam atau kurang.
- 6) Switch posisi netral; memberi informasi posisi netral agar dapat diperhitungkan *fuel cut*

- 7) Ignition Switch; mendeteksi saat start sehingga ECU dapat melakukan penambahan durasi injeksi saat start
- 8) Bateray; informasi tegangan baterai agar dapat mengkompensasi tegangan baterai
- 9) Oksigen sensor; sebagai informasi atau umpan balik tentang hasil pembakaran sehingga ECU dapat memperhitungkan campuran stoichiometric

c. Rangkuman

Tujuan utama pengontrolan system bahan bakar adalah untuk memberikan suplai bahan bakar yang tepat sehingga diperoleh hasil pembakaran yang maksimum dan emisi gas buang yang rendah.

Aliran Bahan bakar dari tangki disuplai oleh pompa bahan bakar dengan tekanan 2 – 3 bar. Setelah disaring oleh filter, bahan bakar bertekanan ini diteruskan ke pipa pembagi (accumulator / fuel gallery) untuk didistribusikan ke masing –masing injector sesuai dengan urutan penginjeksian. Pada saat penginjeksian diperlukan, ECU memberi signal ke injector untuk membuka sehingga bahan bakar pada accumulator dapat tersalurkan menuju ruang bakar dalam bentuk kabut sehingga mudah untuk terbakar. Lamanya pembukaan injektor akan menentukan jumlah bahan bakar yang diinjeksikan, disamping itu juga dipengaruhi oleh tekanan bahan bakar.

Model pengaliran bahan bakar ditentukan oleh sistem yang tersedia didalam ECU. Umumnya ada tiga model yang digunakan yaitu model serempak/simultan, kelompok/group dan sendiri-sendiri/sequential. Pada masing-masing kendaraan, jenis penginjeksiannya dapat hanya menggunakan satu jenis, tetapi pada model terbaru (EMS) digunakan lebih dari satu model

tergantung dari hasil evaluasi ECU berdasarkan informasi yang diperoleh dari masing-masing sensor.

Sensor sensor yang memberi masukan bagi ECU terkait dengan fungsinya dalam menentukan durasi penginjeksian adalah Camshaft position sensor, Water Temperatur Sensor, Throttle Position Sensor, Mass Air flow sensor, Speed sensor, Switch netral, Ignition Switch, tegangan baterai dan Oksigen sensor.

d. Tes formatif 1

- 1) Jelaskan secara singkat Apa yang dimaksud dengan perbandingan stoichiometric dan mengapa campuran ini menjadi patokan dalam penginjeksian bahan bakar.
- 2) Apabila tekanan bahan bakar dari pompa terlalu tinggi, jelaskan dampaknya terhadap konsumsi bahan bakar sert berikan alasan singkat.
- 3) Jelaskan pada saat kapan fuel cut dilaksanakan ketika engine bekerja
- 4) Mengapa data dari Water temperature sensor mempunyai peran yang penting bagi penginjeksian bahan bakar ?

e. Jawaban Tes formatif 1

Lihat lampiran Jawaban soal.

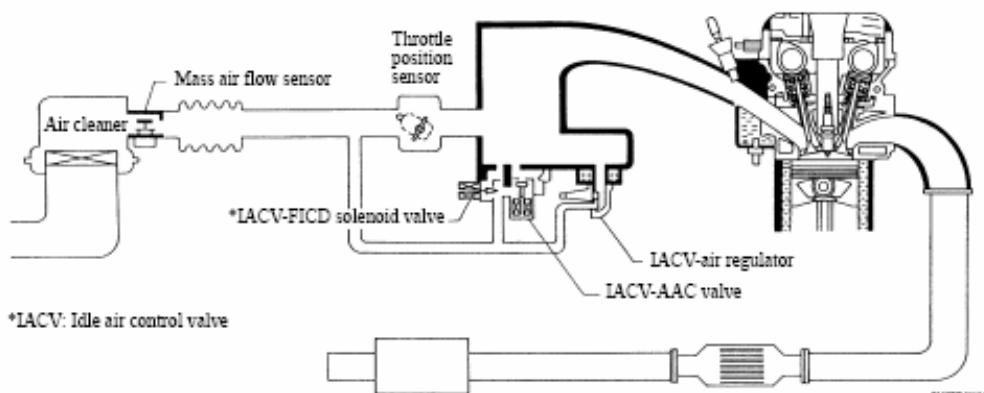
2. Kegiatan Belajar 2; . **Kontrol sistem induksi udara**

a. Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan prinsip pengontrolan induksi udara pada kendaraan.

b. Uraian materi

Pada awalnya, fungsi piranti elektronik yang ada pada system induksi udara adalah hanya sebagai sensor, guna mengetahui jumlah atau volume udara yang masuk ke intake manifold dan temperatur udara agar ECU dapat menghitung massa udara yang dimasukkan ke ruang bakar. Dewasa ini pengontrolan telah dapat dilakukan khususnya pada putaran rendah untuk mengontrol putaran idle dan putaran tinggi guna meningkatkan efisiensi volumetric. Skema system control udara dapat dilihat pada gambar 7.



Gambar 7; Skema system induksi udara

Sistem aliran udara dimulai dari filter udara untuk menyaring dari kotoran, *air metering* (berupa sensor temperature dan air flow meter) menuju throttle body, intake manifold dan ke ruang bakar. Fungsi dan prinsip kerja sensor dan actuator didalam system ini dapat anda pelajari pada modul berikutnya yaitu pada modul sensor dan actuator.

Tujuan yang diharapkan dari sistem control engine pada saat engine bekerja pada putaran idle adalah

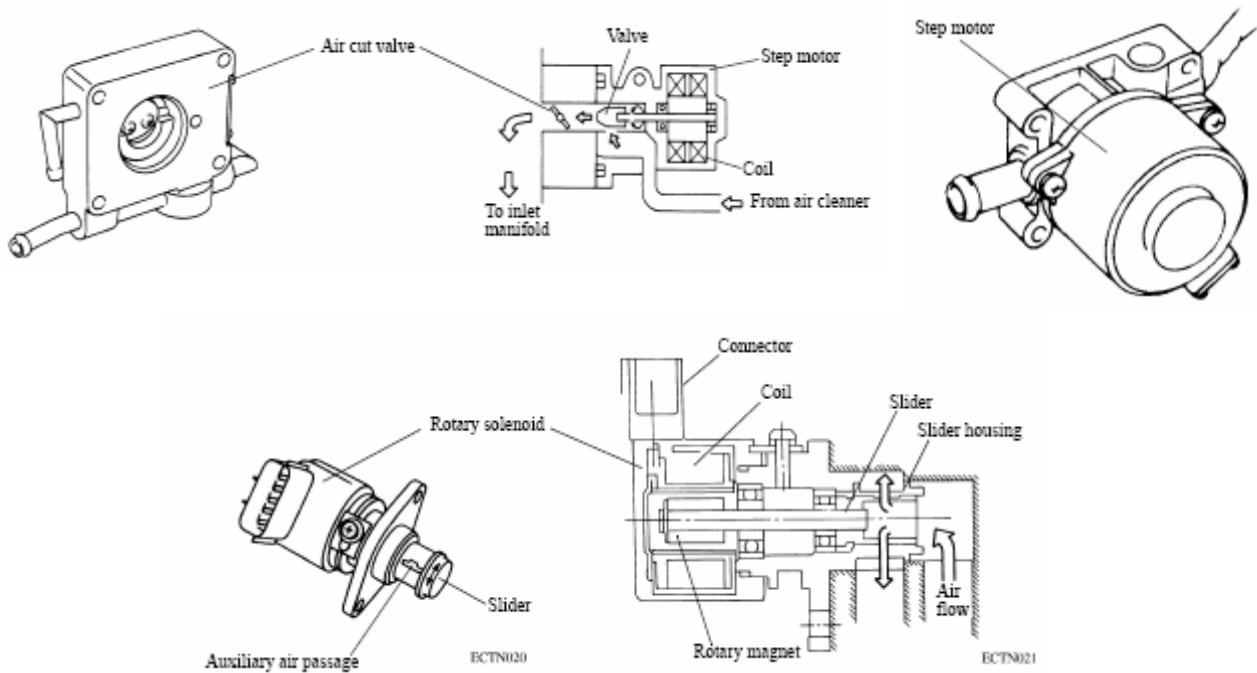
- Untuk menyeimbangkan torsi yang dihasilkan dengan perubahan beban engine, sehingga mesin dapat tetap berputar secara stabil meskipun ada penambahan beban-beban asesories (seperti AC, power steering, beban-beban listrik lain) dan proses terhubungnya transmisi otomatis.
- Untuk menyajikan putaran rendah yang halus dengan emisi gas buang dan konsumsi bahan bakar yang rendah mengingat lebih dari 30% pemakaian bahan bakar didalam kota digunakan pada putaran idle.

Untuk mengontrol putaran idle, ECU menggunakan input dari water temperature sensor, throttle position sensor, air conditioner /AC, transmisi otomatis, power steering, sistem pengisian (charging system), putaran mesin dan kecepatan mesin.

Ada dua cara yang digunakan dalam mengontrol putaran idle yaitu dengan pengontrolan udara dan pengontrolan timing. Jumlah udara yang masuk melalui intake manifold dikontrol oleh katup bypass atau oleh sebuah actuator. Katup bypass menggunakan motor listrik yang dikontrol oleh ECU yang bekerja membuka dan menutup saluran dengan besar pembukaan sesuai dengan nilai yang telah ditetapkan. Dengan katup throttle yang besar, maka pembukaannya akan sangat sensitif terhadap putaran mesin sehingga kecepatan idle susah dikontrol. Untuk itu digunakan katup bypass. Dengan menggunakan umpan balik dari rpm engine, ECU dapat menyetel jumlah udara yang mengalir untuk menambah atau mengurangi putaran idle. Kelemahan pada kontrol udara ini adalah relatif lebih lambat dalam merespon perubahan beban. Untuk

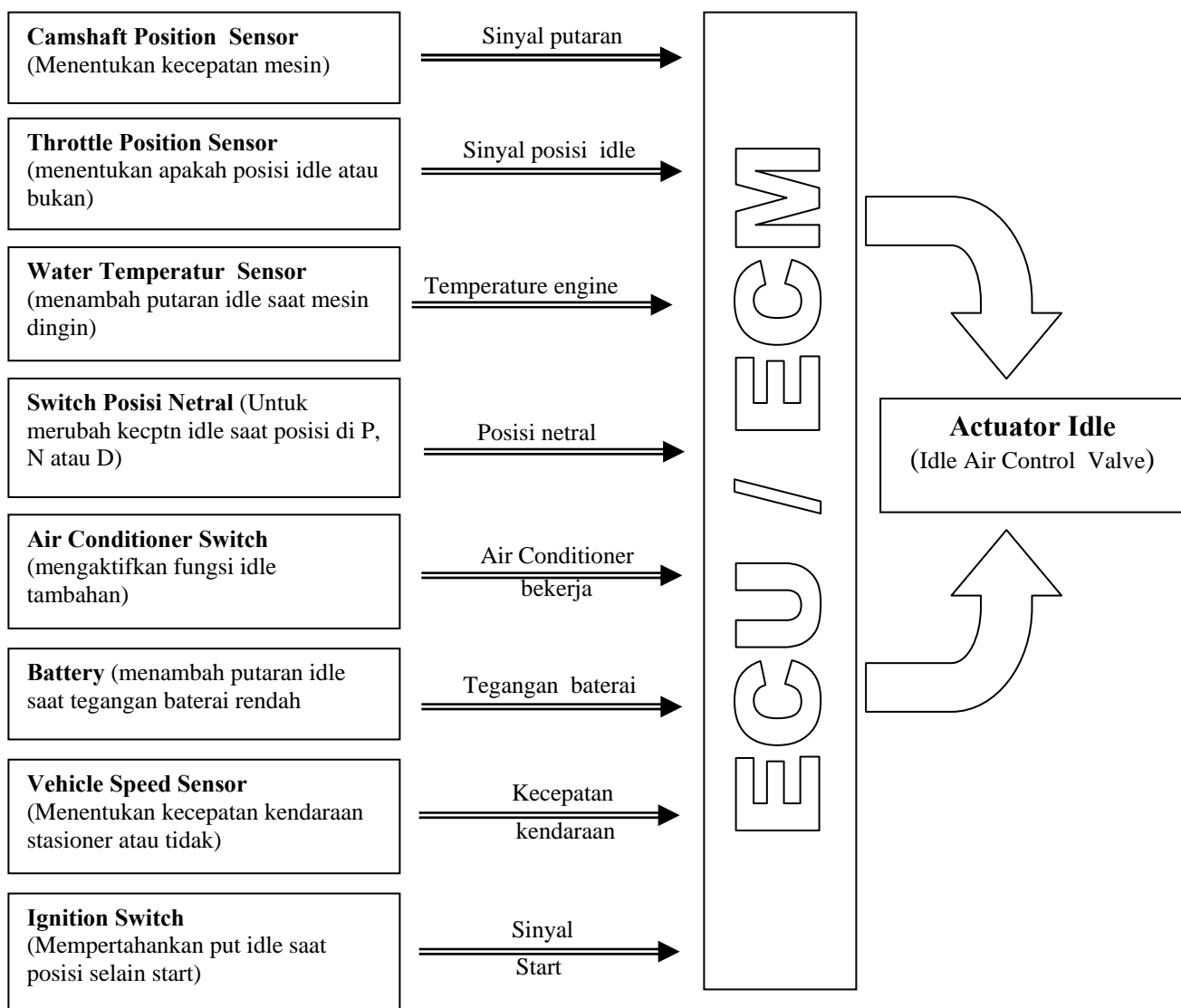
mengatasi masalah ini, sistem kontrol udara sering dikombinasikan dengan kontrol sistem pengapian agar diperoleh putaran idle yang sesuai. Kebutuhan bahan bakar pada saat putaran idle ditentukan oleh beban dan putaran mesin. Dalam operasi kerja *closed loop sistem* nilai atau jumlah bahan bakar ini dioptimalkan oleh *lambda close loop control*.

Berikut adalah contoh piranti pengontrol udara yang digunakan dan bekerja saat putaran idle.



Gambar 8; piranti pengontrol putaran idle dan skema kerjanya

Skema di bawah ini menunjukkan sensor-sensor yang memberikan data bagi ECU untuk menjalankan putaran idle. Data data tersebut diolah oleh ECU dan memberikan output berupa perintah bagi Actuator untuk membuka system udara. Actuator untuk system idle ini dikenal dengan Idle Air Control Valve (IAC Valve) dan Fast Idle Device (FICD)



Gambar 8; Skema alur data saat putaran idle

Untuk memperbaiki kemampuan sensor induksi udara, metode pengukuran udara selain seperti contoh di atas, juga telah banyak diaplikasikan model sensor kevakuman atau banyak dikenal dengan *Manifold Absolut Pressure Sensor* (MAP Sensor). Map sensor terpasang pada intake manifold untuk mendeteksi perubahan tingkat kevakuman sebagai data kuantitas udara yang masuk ke ruang bakar.

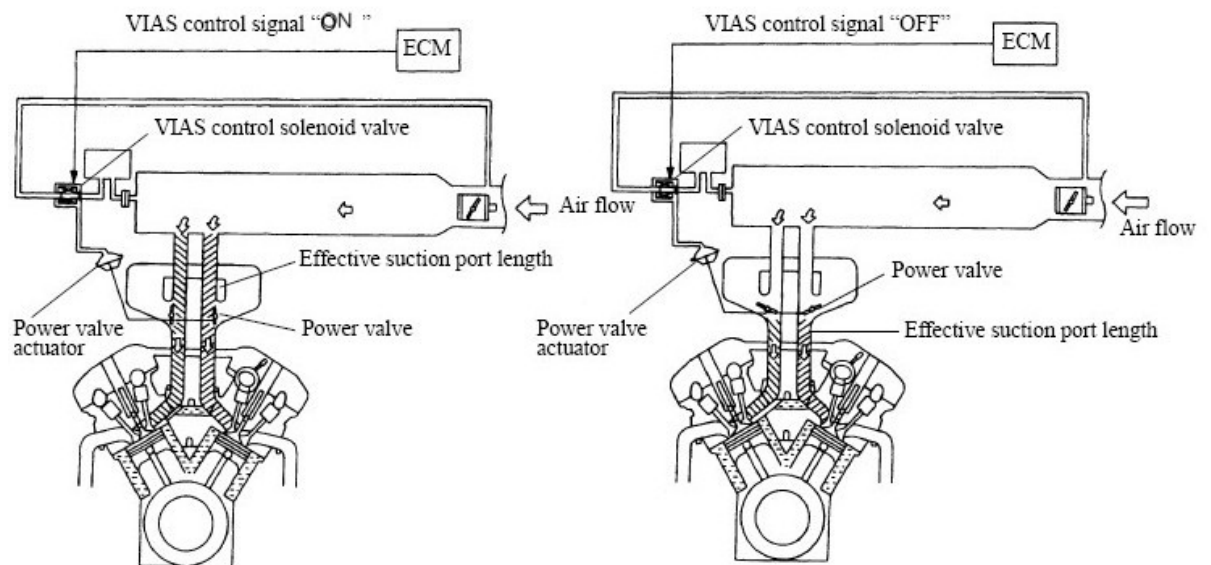
Piranti elektrik yang secara spesifik memberikan input kepada ECU, seperti pressure switch pada power steering system berguna untuk mendeteksi beban aksesories sehingga putaran idle dapat mengatasinya dengan cepat. Metode yang disebut sebagai strategi "Feed Forward" ini lebih baik dibandingkan dengan metode umpan balik yang menunggu terjadinya umpan balik, dimana sistem tidak akan ada reaksi kecuali bila terjadi penurunan putaran idle. Bila aksesories telah dikontrol oleh ECU, maka berikutnya dilakukan pengontrolan idle speed. Dengan metode penundaan beban setelah permintaan (request), maka kompensasi terhadap request tersebut dapat dilaksanakan sebelum beban actual benar-benar dioperasikan. Seperti metode penundaan beban, yang sangat efektif untuk mengontrol beban kompresor pada sistem AC, misalnya. Pada saat AC diaktifkan, ECU akan menambah putaran idle terlebih dahulu baru diikuti oleh pengaktifan kerja kompresor.

Tujuan dari desain mesin salah satunya adalah bagaimana menghasilkan torsi yang tinggi pada semua putaran, baik putaran rendah maupun putaran tinggi. Dari kurva kemampuan mesin, torsi yang dihasilkan adalah proporsional dengan pemasukan udara dalam ruang bakar. Untuk itu masalah utama pada sistem

pemasukan udara adalah desain geometri dari saluran udara, yaitu intake manifold.

Secara umum intake manifold yang pendek menghasilkan output yang tinggi pada putaran tinggi tetapi secara simultan akan menimbulkan kerugian torsi pada putaran rendah. Intake manifold yang panjang menimbulkan efek yang berlawanan. Karena dinamika katup masuk dan piston, gelombang tekanan yang terjadi akan berpusar didalam intake manifold sehingga pada akhirnya akan membantu membentuk campuran yang homogen didalam ruang bakar. Dilain pihak, membutuhkan waktu yang lama, sementara pada putaran tinggi, kebutuhan waktu untuk pemasukan udara sangat pendek.

Untuk mengoptimalkan kemampuannya, beberapa mesin telah mengaplikasikan variabel intake sistem yang memungkinkan kedua metode ini diaplikasikan dan disesuaikan dengan operasi kerja mesin.



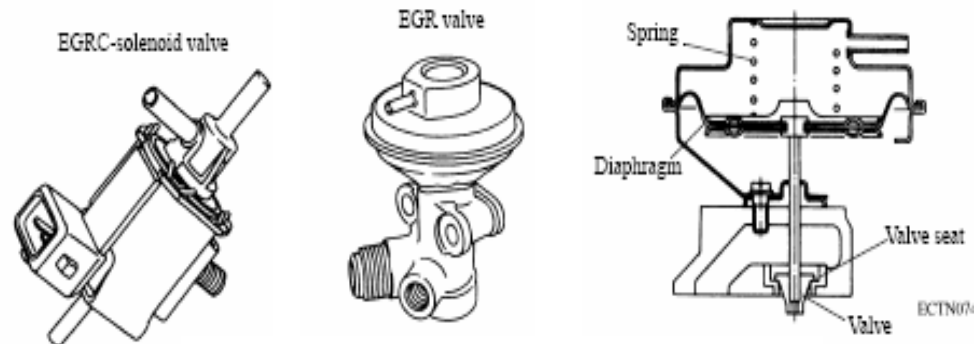
Gambar 9; variable intake Manifold

Salah satu metode yang telah dikembangkan adalah dengan menggunakan katup kontrol elektronik. Dengan peralatan ini, aliran udara bervariasi sesuai dengan putaran mesin. Saat putaran rendah, katup akan menutup sehingga aliran udara menuju ruang bakar melalui saluran (intake manifold) normal. Pada saat putaran tinggi, katup akan dibuka oleh ECU sehingga jalur udara masuk diperpendek sehingga menghasilkan output mesin yang maksimum. Dengan demikian input atau data putaran mesin, beban mesin dan pembukaan katup throttle menentukan pembukaan katup. Contoh aplikasi sistem induksi udara dengan variable intake manifold adalah seperti pada gambar 9, yang telah diaplikasikan oleh Produk merk NISSAN yang dikenal dengan teknologi VIAS yaitu *Variable Induction Air System*.

Oksida nitrogen pada gas buang dapat dikurangi dengan dengan cara mencampur atau memasukkan kembali sebagian gas buang kedalam intake manifold dan bercampur dengan campuran udara bahan bakar yang menuju ke dalam silinder atau ruang bakar. Akan tetapi hal ini akan berpengaruh kurang baik terhadap proses pembakaran dalam silinder khususnya pada putaran idle, putaran rendah dan pada saat mesin bekerja masih dalam temperatur rendah.

Untuk mengantisipasi hal ini ECU memiliki data referensi untuk pembukaan katup EGR yang disesuaikan dengan putaran ataupun beban mesin. Dengan aplikasi EGR, ECU akan memasukkan gas buang ke dalam intake manifold apabila terdeteksi peningkatan kadar Hidrokarbon oleh sensor gas buang pada saluran gas buang. Proses pengontrolan kuantitas gas buang yang dimasukkan kedalam intake manifold dilakukan oleh ECU melalui pengontrolan sebuah katup pneumatic atau berupa solenoid. Tingginya

temperature mesin menjadi pertimbangan bagi ECU sebelum mengaktifkan EGR guna menjaga kestabilan putaran mesin. Khusus pada saat putaran idle dan akselerasi, EGR tidak akan diaktifkan.



Gambar 10; Piranti penggerak / actuator EGR

c. Rangkuman

Perkembangan system control sekarang telah mampu mengontrol induksi udara melalui system control yang terintegrasi melalui program yang tersedia pada ECU.

Aliran udara dimulai dari filter udara, air flow meter, throttle body dan intake manifold. Dalam system saluran udara ini, control unit membutuhkan data temperature udara, volume dan atau densitas udara yang masuk ke ruang bakar. Data – data ini diperlukan untuk mengkalkulasi terpenuhinya campuran stoichiometric oleh ECU.

Pada putaran idle, teknologi system control mampu mengontrol putaran idle melalui actuator yang dikontrol oleh ECU sehingga diperoleh putaran idle yang tepat guna memenuhi kebutuhan engine. Contoh piranti actuator Idle adalah IAC valve dan FICD. Untuk melengkapi kerja ECU pada saat idle, dibutuhkan data-data dari berbagai sensor seperti Camshaft Position Sensor, Throttle Position Sensor, Water Temperatur Sensor, Air Conditioner switch, tegangan baterai, Vehicle speed sensor dan lain-lain.

Untuk memaksimalkan bekerjanya engine, teknologi variable Intake manifold telah diaplikasikan dengan memperpendek jalurnya pada saat putaran tinggi dan bekerja pada jalur normal (lebih panjang) pada saat putaran rendah. Disamping itu untuk mereduksi emisi gas buang, pada intake manifold juga telah dapat diaplikasikan teknologi EGR. Semua system ini bekerja dibawah control ECU.

d. Tes formatif 2

- 1) Sebutkan minimal 4 data sensor yang dibutuhkan oleh ECU untuk mengontrol putaran idle!
- 2) Apa yang dimaksud dengan variable Intake manifold dan jelaskan tujuannya secara singkat.
- 3) Mengapa ECU membutuhkan data dari switch air conditioner pada saat putaran idle?

e. Jawaban Tes formatif 2

Lihat lampiran Jawaban soal.

3. Kegiatan Belajar 3; . **Kontrol Sistem Pengapian**

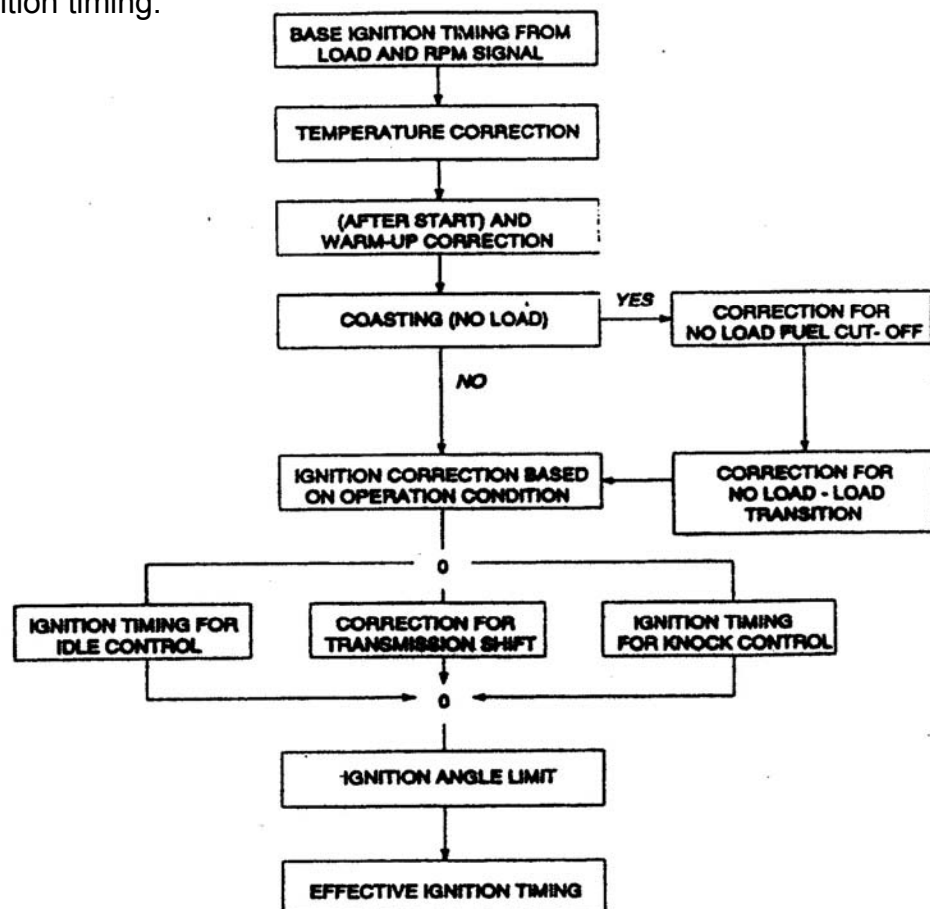
a. Tujuan

Setelah mempelajari bagian ini, mahasiswa diharapkan mampu menjelaskan prinsip pengontrolan saat pengapian pada kendaraan yang menggunakan Engine Management System.

b. Uraian materi

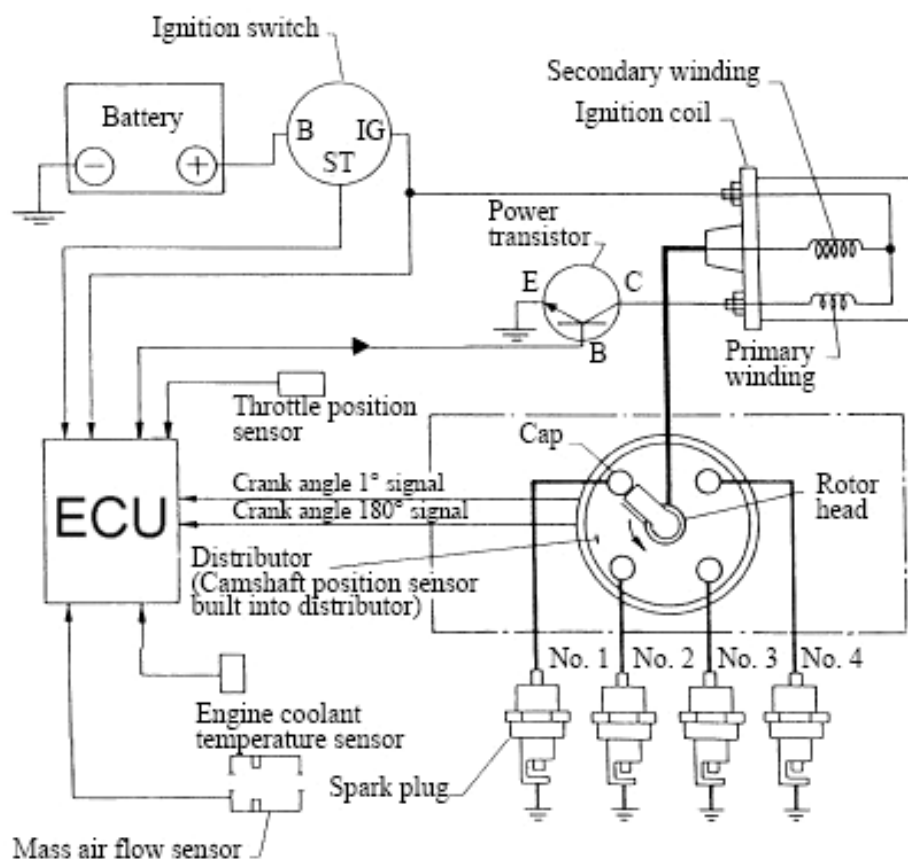
Tujuan pengontrolan mesin pada sistem pengapiannya adalah untuk dapat memberikan sistem pengapian yang optimal hingga dapat tercapai torsi yang optimum, emisi gas buang yang rendah, irit bahan bakar dan pengendalian/pengendalian yang baik serta

meminimalkan engine knock. Data dasar untuk timing pengapian (*Base Engine Timing Value*) yang mengacu pada beban dan putaran mesin tersimpan dalam ROM pada Electronic Control Unit (ECU). Data-data yang diterima ECU diolah untuk mencapai tujuan yang diharapkan seperti diatas. Koreksi terhadap waktu pengapian juga dibutuhkan guna mengakomodir efek temperatur, EGR, start pada saat panas, tekanan udara dan *engine knock*. Pada kendaraan yang menggunakan transmisi otomatis, timing ignition digunakan untuk memvariasikan torsi mesin agar memudahkan dalam pemindahan kecepatan ataupun pengontrolan putaran idle. Flow chart berikut menggambarkan metode perhitungan untuk ignition timing.



Gambar 11; Flow chart pengontrolan saat pengapian

Lamanya kumparan primer coil igniton mendapatkan pengaliran arus mempengaruhi kualitas tegangan yang dihasilkan sehingga membutuhkan pengontrolan waktu dan besarnya arus yang mengalir. Data waktu pengaliran arus listrik kepada koil tersimpan dalam ECU dan penyalurannya berdasarkan sinyal putaran mesin (RPM) dan tegangan baterai.

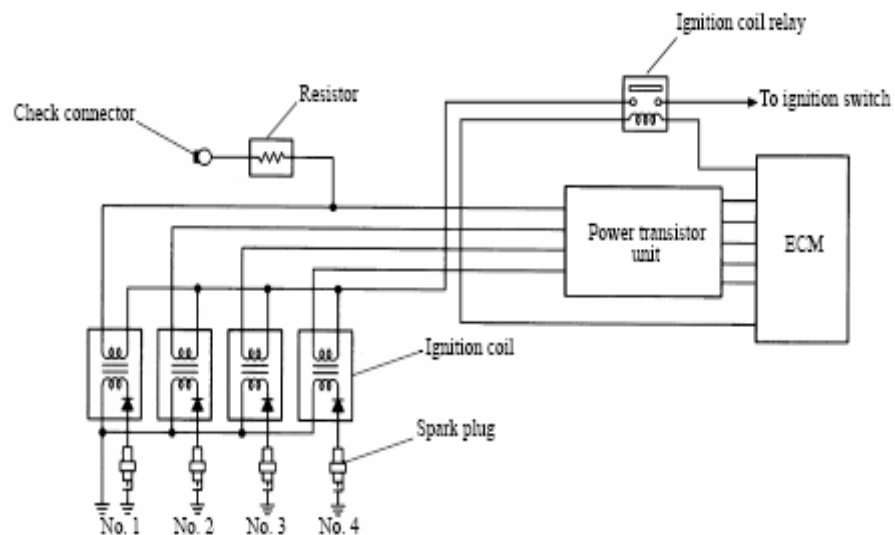


Gambar 12; Skema kerja system Pengapian dengan control unit

Pada gambar 12, tampak bahwa control Unit tidak langsung terkait dengan actuator pengapian yaitu ignition coil. Model ini masih menggunakan system penguat (amplifikasi) dan umumnya dikenal sebagai modul pengapian atau terkadang disebut sebagai power

transistor, bergantung dari jenis yang ada. Pada jenis terbaru dari Engine Management Sistem adalah dengan mengintegrasikan fungsi amplifikasi kedalam control unit sehingga banyak jenis system pengapian sekarang yang dapat kita tenui tanpa menggunakan modul pengapian atau power transistor. Secara sederhana, fungsi modul pengapian ini adalah sebagai pengganti breaker point pada jenis pengapian konvensional.

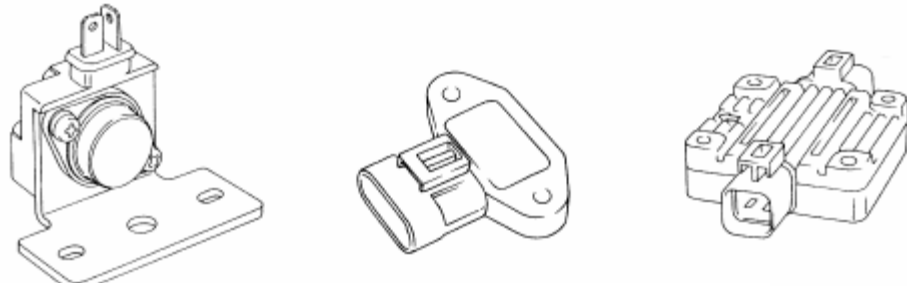
Bekerjanya system pengapian adalah dengan cara memberi arus pemicu kepada modul pengapian sehingga modul akan memberi kesempatan bagi rangkaian primer ignition coil untuk membentuk rangkaian tertutup dan menghasilkan induksi. Dengan demikian prinsip kerja system pengapian ini hampir sama dengan system konvensional, dengan perbedaan waktu pembentukan medan magnet pada coil dikontrol oleh ECU,



Gambar 13; Sistem pengapian langsung (direct ignition)

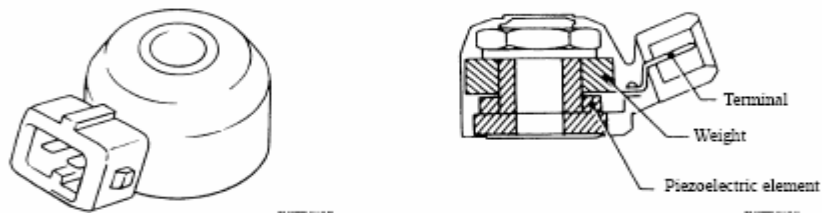
Untuk memaksimalkan pengapian pada masing-masing silinder, beberapa jenis kendaraan telah mengaplikasikan system pengapian langsung (seperti gambar 13) dimana setiap silinder

memiliki ignition coil secara individu. Dengan model ini, output pengapian yang dihasilkan menjadi lebih baik sehingga memberi sumbangan bagi efektifitas pembakaran didalam silinder.



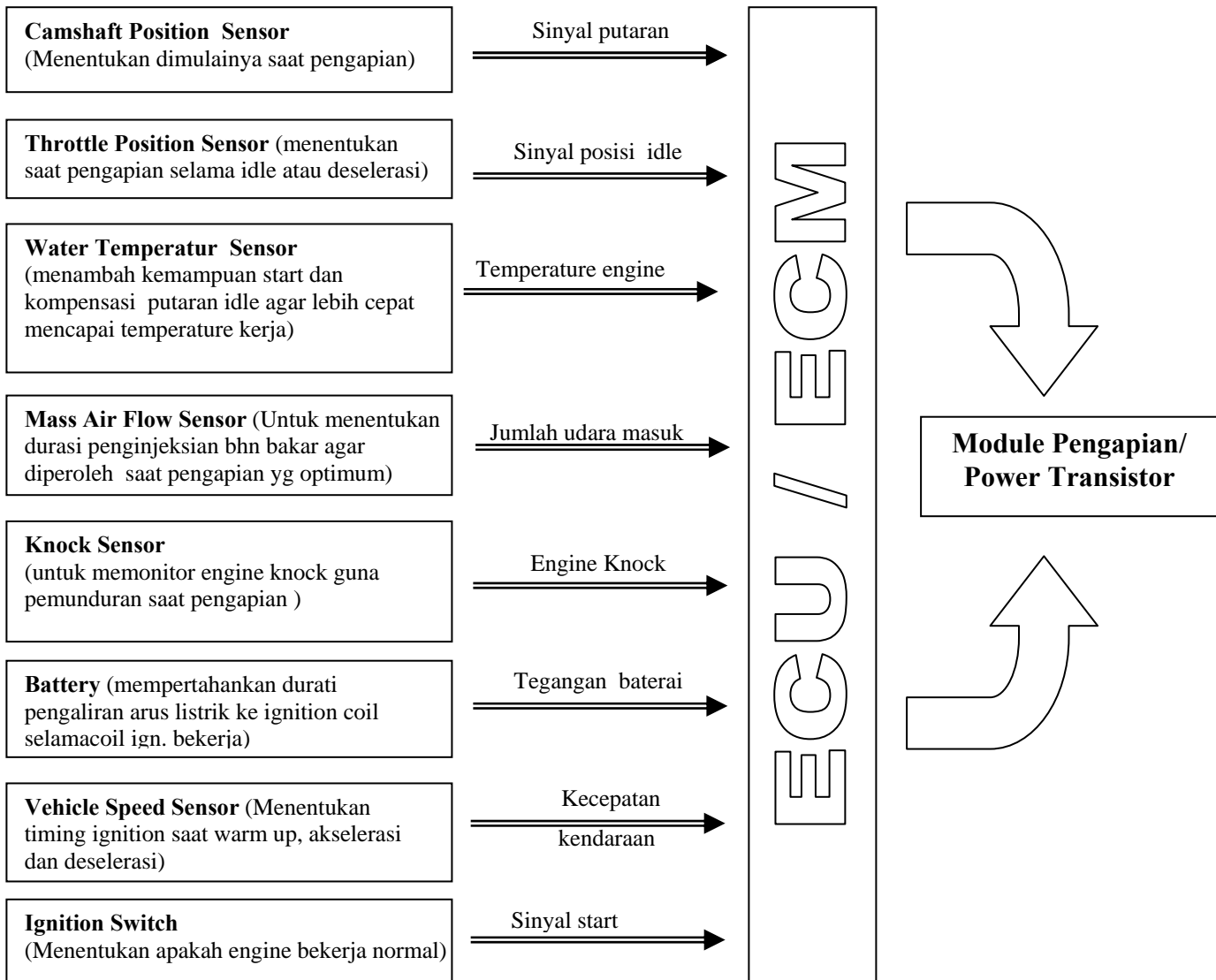
Gambar 14; contoh modul pengapian (Power Transistor)

Ketepatan saat pengapian dapat berdampak pada timbulnya engine knock. Engine knock timbul apabila saat pengapian terlalu maju atau pengaruh pembakaran yang tidak terkontrol hingga dapat menyebabkan kerusakan pada komponen komponen utama mesin khususnya yang berkaitan dengan pembakaran. Disamping itu knocking juga dapat timbul karena kualitas bahan bakar yang tidak tepat ataupun karena perubahan tekanan kompresi. Untuk mengantisipasi hal ini maka pada unit engine dipasangkan sebuah atau lebih sensor knock yang berfungsi untuk mendeteksi adanya knocking. Saat timbul knocking, sensor akan menghasilkan sinyal listrik yang dikirim ke ECU. Dengan sinyal ini ECU dapat menentukan pada silinder mana knocking timbul, kemudian merubah timing pengapian (dimundurkan) hingga knocking tidak terdeteksi lagi. Berikutnya ECU akan memajukan saat pengapian kembali secara bertahap sampai pada batas terdeteksi kembali knocking. Dengan pengontrolan saat pengapian ini maka akan dapat meningkatkan torsi mesin dan menghemat bahan bakar.



Gambar 15; Knock sensor

Kontrol sinyal yang terjadi dalam system pengapian ini dapat dilihat pada gambar 16 berikut ini :



Gambar 16; Skema alur data saat putaran idle

Pada gambar 16 di atas, pada keterangan di bagian sensor didalam kotak bagian kiri menunjukkan fungsi sinyal sensor yang diberikan kepada ECU. Bentuk data sinyal yang diberikan adalah seperti pada tanda panah. Data – data ini diolah oleh ECU sebagai pertimbangan untuk menentukan waktu pengapian yang tepat bagi engine.

c. Rangkuman

Perbedaan utama dalam prinsip kerja system pengapian konvensional dengan yang ada pada Engine Management system adalah terletak pada pengontrolan saat pengapiannya. Waktu dimulainya pengapian dikontrol Oleh ECU dengan pertimbangan masukan dari beberapa sensor yang ada.

Untuk lebih mengoptimalkan output system pengapian, pada engine modern dibuat system pengapian langsung dimana masing-masing silinder dilayani oleh satu ignition coil.

Antisipasi terhadap knock dilakukan dengan memasang knock sensor sehingga apabila terjadi knock, ECU akan memundurkan saat pengapian. Saat pengapian kembali dimajukan hingga tidak terjadi knocking lagi.

d. Tes formatif 3

- 1) Jelaskan fungsi modul pengapian!
- 2) Jelaskan minimal 2 pertimbangan perubahan saat pengapian yang dilakukan oleh ECU dan berikan alasan anda

e. Jawaban Tes formatif 3

Lihat lampiran Jawaban soal.

f. Lembar kerja

1) Alat dan Bahan

- Alat tulis dan gambar,
- Service manual yang sesuai
- Mesin/engine stand/unit mobil dengan system control elektronik

2) Langkah Kerja

- Identifikasi letak komponen-komponen system control udara, bahan baker dan system pengapian
 - Identifikasi terminal-terminalnya pada konektor dan catat warna kabel yang ada..
 - Lakukan pengukuran tegangan dan tahanan pada sensor dan actuator disetiap system control udara, bahan baker dan pengapian
 - Amati perubahan saat pengapian, bekerjanya pompa bahan bakar dan kevakuman pada intake manifold. Buatlah catatan dan kesimpulan pada masing-masing bagian tersebut di atas.
 - Gunakan scanner untuk mengetahui data – data yang bekerja pada actuator dan sensor pada berbagai variasi putaran engine..
- 3) Dari data yang anda peroleh, buatlah kesimpulan dan konsultasikan dengan dosen pengampu mata kuliah ini!

BAB III EVALUASI

A. Pertanyaan

1. Sebutkan keuntungan yang diperoleh pada kendaraan apabila menggunakan system control elektronik!
2. Jelaskan hubungan antara kandungan gas buang kendaraan dengan performa mesin!
3. Apakah yang dimaksud dengan $\lambda = 1$, $\lambda < 1$, dan $\lambda > 1$? Jelaskan hubungannya dengan kandungan gas buang!
4. Jelaskan perbedaan perbedaan metode injeksi simultan, group dan sequential!
5. Mengapa diperlukan tambahan / kenaikan putaran idle pada saat beban assesories bekerja dan jelaskan proses kerja penambahan tersebut!
6. Apakah pada system pengontrolan saat pengapian pada engine manajemen system dapat diaplikasikan metode Distributorless ignition? Jelaskan alas an anda
7. Apakah yang dimaksud dengan modul pengapian?

B. Jawaban Soal evaluasi

Lihat jawaban evaluasi pada lampiran

C. Kriteria Kelulusan

Kriteria	Skor (1- 10)	Bobot	Nilai	Keterangan
Kognitif		5		Syarat lulus nilai minimal 56
Ketepatan Langkah kerja		1		
Hasil Praktek		2		
Ketepatan waktu		1		
Keselamatan kerja		1		
Nilai Akhir				

BAB IV PENUTUP

Mahasiswa yang telah mencapai syarat kelulusan minimal yang ditetapkan dapat melanjutkan ke modul berikutnya. Sebaliknya apabila tidak memenuhi nilai tersebut maka dinyatakan belum lulus dan diwajibkan untuk mengulang modul ini serta belum diperkenankan untuk melanjutkan ke modul berikutnya.

Untuk lebih memperkaya pengetahuan dan skill, mahasiswa disarankan untuk lebih banyak melakukan studi banding pada beberapa merk kendaraan dengan model system control yang berbeda. Disamping itu perlu sekali untuk melakukan akses informasi dari sumber-sumber lain baik berupa buku, internet maupun dari berbagai sumber yang lain

DAFTAR PUSTAKA

- Sullivan`s Calvin R. (2004), **Electric Fundamental** , www. Autosshop 101.com
- Anonim, (2000), **ELECTRICAL N STEP ENGINE II**, Tokyo, Nissan Motor CO., LTD,
- Anonim, (1995). **Automotive Electric/Electronic Systems**, 2nd Edition, Stuttgart. Robert Bosch GmbH.
- David S. Boehmer, (1999),. **Automotive Electronic Handbook**. (editor Ronald K. Jurgen), New York, McGraw-Hill, Inc
- Anonim, (1986). **Emission Control for Spark – Ignition Engine**, Bosch Technical Instruction, Stuttgart. Robert Bosch GmbH.
- Anonim, (1985). **Engine Electronic, Bosch Technical Instruction**, Stuttgart. Robert Bosch GmbH.
- Anonim, (1985). **L- Jetronic**, Bosch Technical Instruction, Stuttgart. Robert Bosch GmbH.

LAMPIRAN JAWABAN

A. Tes formatif 1

1. Perbandingan stoichiometric adalah perbandingan campuran udara ideal yang dibutuhkan oleh bensin dalam proses pembakaran pada motor guna mencapai tenaga optimum dengan pemakaian bahan bakar yang lebih efisien. Perbandingan ini menjadi patokan perbandingan campuran pembakaran karena bila kurang dari perbandingan stoichiometric, maka campuran akan menjadi sangat kaya dan pemakaian bahan bakar akan menjadi sangat boros. Sedangkan jika melewati perbandingan ini campuran akan menjadi kurus yang berakibat penurunan daya mesin walaupun konsumsi bahan bakar lebih hemat.
2. Apabila tekanan bahan bakar dari pompa terlalu besar akan berakibat pada konsumsi pemakaian bahan bakar yang boros karena pada injektor hanya diatur lamanya waktu penyemprotan (pada putaran yang sama)
3. Fuel cut akan bekerja pada saat mesin mengalami over running dan pada saat deselerasi dengan tujuan agar konsumsi bahan bakar lebih efisien.
4. Data dari water temprature sensor sangat penting bagi control unit untuk menentukan besarnya penginjeksian bahan bakar baik pada kondisi mesin dingin, berada pada temperatur kerja ataupun melebihi temperatur kerja.

B. Tes formatif 2

1. Empat data sensor yang dibutuhkan oleh ECU untuk mengontrol putaran idle adalah TPS (Throttle Position Sensor), WTS (Water Temperature Sensor), MAPS (Manifold Absolute Pressure Sensor) , ATS (Air Temperature Sensor) dan Air Conditioner Switch.
2. Variable Intake manifold merupakan intake manifold yang didesain secara khusus yang mengatur besarnya bukaan throttle besarnya udara yang diinduksikan. Tujuan pemakaian variable intake manifold ini yaitu untuk memperoleh torsi yang besar dari putaran rendah sampai putaran menengah dan daya yang sebesar-besarnya pada putaran tinggi.
3. ECU membutuhkan data dari switch air conditioner pada saat putaran idle guna menjaga putaran mesin tetap stabil karena air conditioner merupakan komponen yang membutuhkan daya yang cukup besar dari mesin dan merupakan tahanan bagi mesin apabila bekerja.

C. Tes formatif 3

1. Modul pengapian berfungsi untuk mengatur waktu pengapian pada proses pengapian
2. 2 pertimbangan perubahan saat pengapian yang dilakukan oleh ECU:
 - ✓ Pada saat putaran rendah waktu pengapian dimundurkan beberapa derajat agar putaran menjadi lebih stabil
 - ✓ Pada saat putaran tinggi waktu pengapian dimajukan guna mencapai tenaga yang besar

D. Evaluasi

1. Keuntungan yang diperoleh pada kendaraan yang menggunakan system control elektronik adalah :
 - ✓ Emisi gas buang yang dihasilkan sangat rendah
 - ✓ Penggunaan bahan bakar yang efisien sehingga menghasilkan pengendalian yang optimal untuk semua kondisi kerja mesin.

- ✓ Meminimalkan penguapan bahan bakar
 - ✓ Memiliki sistem diagnosis untuk mengevaluasi sistem kerja dan kondisi perangkat pendukungnya bila terjadi permasalahan-permasalahan yang tidak dikehendaki pada sistem control.
2. Kandungan gas buang adalah salah satu produk pembakaran dari engine. Secara teoritis produk yang dihasilkan adalah H_2O dan CO_2 . Pada kondisi nyata, produk yang dihasilkan juga terdapat gas – gas yang tidak dikehendaki seperti Hidrocarbon, O_2 , NO_x dan lainnya. Semakin rendah nilai kadar gas yang tidak dikehendaki ini terbuang adalah sebagai indicator efektifitas pembakaran di dalam silinder mesin. Pada system control yang menggunakan close loope system, khususnya kandungan O_2 dipantau terus oleh system agar campuran bahan bakar ideal dapat diberikan pada semua tingkat putaran mesin.
 3. Faktor λ (lambda) adalah perbandingan antara udara terpakai didalam proses pembakaran dengan kebutuhan udara teoritis. Pada nilai $\lambda = 1$ adalah nilai perbandingan ideal yang dikenal dengan perbandingan stoichiometric. Pada nilai $\lambda < 1$ adalah perbandingan kurus atau lebih banyak udara didalam campuran bahan baker. Untuk nilai $\lambda > 1$ adalah kebalikan dari campuran kurus yaitu campuran kaya, dimana kuantitas bahan bakar lebih banyak dibandingkan dari campuran idealnya. Nilai lambda dapat diukur dari gas buang melalui bantuan alat ukur analisa gas buang (*Gas Analyzer*). Dengan demikian kita dapat menganalisa performa engine dengan mengetahui kandungan gas buang dan termasuk perolehan nilai lambda.
 4. Metode injeksi simultan adalah metode penginjeksian bahan bakar secara serempak pada semua silinder. Untuk metode injeksi group adalah penginjeksian bahan bakar secara mengelompok diantara beberapa silinder. Untuk metode sequential adalah cara penginjeksian

yang disesuaikan atau urut berdasarkan kebutuhan masing-masing silinder. Metode sequential berurutan layaknya seperti Firing Order (FO) pada system pengapian.

5. Beban assesories seperti Air Conditioner, Power steering, dan lampu selain membutuhkan beban mekanis juga tambahan listrik sehingga akan menurunkan putaran mesin. Untuk itu agar tidak mengalami kekurangan listrik dan mesin tidak mati maka diperlukan tambahan putaran mesin. Cara yang umum dilakukan adalah dengan menambah kuantitas udara masuk ke intake manifold melalui mekanisme penambah putaran idle seperti Idle Air Control Valve. Dengan penambahan ini maka putaran mesin akan bertambah dan kebutuhan tambahan ini akan segera teratasi.
6. Dewasa ini banyak metode distributorles Ignition banyak diaplikasikan pada kendaraan yang menggunakan Engine Management Sistem selain metode system pengapian pribadi (satu silinder satu coil ignition) mengingat keunggulannya selain lebih irit pemakaian komponen juga berdampak pada pengurangan emisi HC dan CO pada gas buang.
7. Modul pengapian adalah control yang berfungsi sebagai penguat sinyal yang dikeluarkan oleh ECU sehingga output pengapian berupa signal ke ignition coil menjadi lebih besar.